

トイレ使用者識別のためのペーパー回転センシングデバイス

倉橋真也^{1,a)} 村尾和哉^{2,b)} 寺田 努^{3,4,c)} 塚本昌彦^{3,d)}

概要: トイレの便器にセンサを組み込むことで、ユーザの生体情報を日常的にかつ容易に取得し、健康管理などに応用できるようになった。トイレは多くの場合、複数の人が共用するため採取した生体情報をユーザごとに分類する必要があるが、カメラや音声、体重計による個人識別はプライバシーの観点から適切ではない。タッチパネルなどの機器を設置して操作することで個人識別も可能であるが、本来不要な操作であるため操作を忘れることもある。そこで本研究では、トイレットペーパーの巻き取り方の個人差に着目し、芯に角速度センサを設置したトイレットペーパーの回転特性から個人識別を行う手法を提案する。

A Device Sensing Toilet Paper Rotation for User Identification of Toilet

KURAHASHI MASAYA^{1,a)} MURAO KAZUYA^{2,b)} TERADA TSUTOMU^{3,4,c)} TSUKAMOTO MASAHIKO^{3,d)}

Abstract: Biological monitoring can habitually and easily be done by installing a sensor in a toilet. Generally, a toilet is shared with several people, therefore biological information should be classified to individual user. However, from the point of view of privacy, camera, microphone, and weighting machine is not appropriate. Personal identification using a touch panel may be forgotten because it is not originally necessary task in the lavatory. In this paper, we focus on the difference in the way of rolling a toilet paper and propose a user identification method based on features of the toilet paper use.

1. はじめに

センサの小型化・省電力化により、トイレの便器やその周囲にセンサを設置することで、ユーザの生体情報を日常的にかつ容易に取得し、健康管理に役立てることができるようになった [1]。トイレは多くの場合複数の人が共用するため、取得した生体情報を記録する際にユーザごとに分類する必要がある。カメラを用いれば高い精度で個人識別が可能である [2] が、トイレがプライベートな空間であることを考慮すると不適切である。また、ボタンやタッチパネ

ルなどの機器をユーザに操作してもらうことも可能であるが、1日に複数回使用する場所であり、時には緊急を要する場合もあるため、トイレに本来不要である動作を行わせることも望ましくない。したがって、トイレのドアを開ける、便座に座る、トイレットペーパーを巻き取るなどトイレ内で行う通常の動作から個人識別を行うことが望ましい。そこで本研究ではセンサ設置の容易さを考慮し、トイレットペーパーの芯の中に角速度センサを設置し、ペーパーの巻き取り方の特徴からユーザを識別するシステムを提案する。

2. 提案システム

2.1 芯形デバイス

本研究で提案するトイレの個人識別システムでは、図1に示すように、樹脂製の芯形のアタッチメントの中央に、角速度センサ (ATR-Promotions社製, TSND121) を取り付け付けたデバイスをペーパーの芯に設置する。センサの大きさは縦 37 mm, 横 46 mm, 高さ 12 mm, 重さは 22 g である。アタッチメントがペーパーの芯の中で空回りしないように、アタッチメントの外側に滑り止めを取り付けた。実装

¹ 神戸大学工学部
Faculty of Engineering, Kobe University
² 立命館大学情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University
³ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University
⁴ 科学技術振興機構さきがけ
Japan Science and Technology Agency, PRESTO
a) kura-hash@stu.kobe-u.ac.jp
b) murao@cs.ritsumeikan.ac.jp
c) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp
d) tuka@kobe-u.ac.jp

したデバイスはペーパーの芯の中に挿入するだけで使用できるため、取付けや取外しが容易である。また、トイレトーパーを挟み込むタイプのホルダが設置されたあらゆるトイレに適用可能であるため、汎用性が高い。

2.2 個人識別手法

ペーパーの回転方向の1軸角速度をBluetoothでPCに送信し、解析を行う。時刻 $t[s]$ におけるペーパーロールの半径 $R(t)[m]$ と角速度 $\omega(t)[rad/s]$ を用いて、ペーパーを単位時間に巻き取る長さ（以下、巻取り速度とする） $v(t)[m/s]$ を次式に従い計算する。

$$v(t) = R(t)\omega(t) \quad (1)$$

$R(t)$ は微小な変化しかしないため、本研究では便宜上ロールをペーパーが同心円状に重なっているバウムクーヘン状に近似して、1周の間は $R(t)$ は変化しないものとしている。実際にペーパーを巻き取って、式(1)より得られた巻取り速度からペーパーの長さを計算したところ、誤差は1%以下であった。

巻取り速度の変化から巻取り動作の開始と終了を検知し、ペーパーを引き出してから切り取るまでの1回の巻取り動作のデータを切り出す。切り出したデータから、使用量、巻取りに要した時間、巻取り速度の最大値、平均値、分散値の5つの特徴量を抽出し、正規化する。正規化した特徴量とあらかじめ登録しておいた学習データの特徴量のユークリッド距離を算出し、最も距離が小さい K 個の学習データの人物の多数決で決定する K -Nearest Neighbour 法によりユーザを識別する。本研究では $K=1$ とした。

3. 評価実験

実装したシステムの性能を評価するための実験を行った。大学内のトイレの個室に芯形デバイスを取付けたトイレトーパーを設置して、21~26歳の男性20名の被験者から20回分の巻取りデータを収集した。被験者にはデータを採取していることを伝えている。ペーパーホルダは便座に座って左側に設置し、ペーパーは全長60mのシングルタイプを使用した。本研究では世帯員5人での利用を想定し、20人から5人を選んでもできる組合せ ${}_{20}C_5 = 15504$ 通りすべてに対して、10-fold cross-validation で個人識別精度を評価した。この実験は神戸大学の研究倫理審査委員会の承認を得て行った。

図2に全通りの組合せの個人識別率のヒストグラムを示す。横軸のラベルが $a-b$ である区間は個人識別率が $a\%$ より大きく、 $b\%$ 以下である区間を示す。平均識別率は85.8%、標準偏差は8.32%、最小値は47%、最大値は100%となり、被験者の組合せに大きく依存した結果となった。識別率が低い被験者の組合せでは、被験者間で特徴量の分布が類似していた。80%以上の識別率であった組合せが全

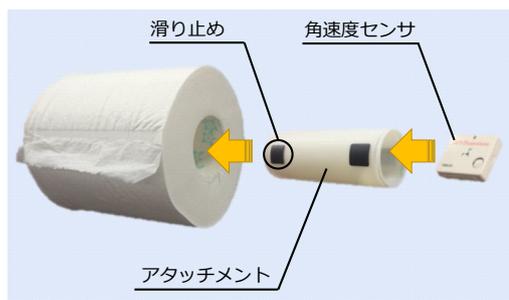


図1 デバイスの構造

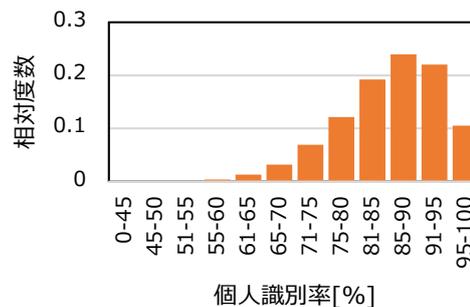


図2 評価実験における個人識別率のヒストグラム

体の約80%であり、多くの場合で提案手法が有効である一方で、酷似する動作を行うユーザがいる場合には識別精度が大きく低下するため、システム利用時にはあらかじめ利用ユーザすべての特徴量を計測して、十分な識別精度が得られることを確認する必要があることが分かった。

4. まとめと今後の課題

本研究ではトイレ使用者識別のための芯形デバイスを設計した。1軸の角速度センサをトイレトーパーの芯に設置し、トイレトーパーの巻取り動作からユーザを識別するシステムの実装および評価を行った。5人家族での利用を想定した評価実験より平均85.8%の精度で識別できることを確認した。特徴量が類似しているユーザの組合せでは精度が大きく低下することから、今後は必要に応じて他のセンサと組み合わせるなどの対策が必要と考えられる。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業（さきがけ）および文部科学省科学研究費補助金挑戦的萌芽研究（25540084）によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 田中佐和子他: 全自動生体計測システムの開発と医療支援への応用, 信学技報 (MBE 研究会), Vol. 107, No. 72, pp. 49-52 (May 2007).
- [2] 真部雄介他: 歩行・顔・身体ソフトバイオメトリック特徴を用いた正面観測個人認証, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), Vol. 24, No. 5, pp. 988-1001 (Nov. 2012).